

Beschreibung

Regelungsverfahren und Regelungseinrichtung für einen Aktor

- 5 Die Erfindung betrifft ein Regelungsverfahren für einen Aktor eines Injektors einer Einspritzanlage für eine Brennkraftmaschine gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1 sowie eine entsprechende Regelungseinrichtung gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 11.

10

- In modernen Einspritzanlagen für Brennkraftmaschinen werden die Injektoren zunehmend durch Piezoaktoren angesteuert, die im Vergleich zu herkömmlichen elektromagnetischen Aktoren ein dynamischeres Stellverhalten aufweisen. Die einzelnen Piezo-
- 15 aktoren werden hierbei entsprechend einem vorgegebenen Einspritzbeginn (engl. SOI - Start of Injection) zu einem bestimmten Triggerzeitpunkt mit einer bestimmten Aktorenergie angesteuert, um den gewünschten Einspritzbeginn einzustellen. Hierbei ist zu beachten, dass die Kraftübertragung von dem
- 20 Piezoaktor auf die Ventilnadel des Injektors verzögerungsbehaftet ist, so dass zwischen dem Triggerzeitpunkt des elektrischen Steuersignals für den Piezoaktor und dem anschließenden Einspritzbeginn eine bauartspezifische Verzögerungszeit liegt.

25

- Problematisch hierbei ist die Tatsache, dass die Verzögerungszeit zwischen dem Triggerzeitpunkt des elektrischen Steuersignals für den Aktor und dem anschließenden Einspritzbeginn aufgrund von mechanischen und elektrischen Toleranzen
- 30 Schwankungen unterliegt, was zu Fehlern bei der Einstellung des Einspritzbeginns führen kann.

Der Erfindung liegt deshalb die Aufgabe zugrunde, ein Regelungsverfahren und eine entsprechende Regelungseinrichtung zu schaffen, um mechanische und elektrische Toleranzen der Verzögerungszeit zwischen dem Triggerzeitpunkt des elektrischen Steuersignals für den Aktor und dem anschließenden Einspritzbeginn auszuregeln.

Diese Aufgabe wird durch ein Regelungsverfahren gemäß Anspruch 1 und durch eine Regelungseinrichtung gemäß Anspruch 11 gelöst.

Die Erfindung umfasst die allgemeine technische Lehre, die bei der Ansteuerung des Aktors aufgebrauchte Aktorenergie einzustellen, um den Einspritzbeginn auf einen vorgegebenen Sollwert einzuregeln. Falls beispielsweise der tatsächliche Einspritzbeginn zeitlich nach dem vorgegebenen Sollwert für den Einspritzbeginn liegt, so wird die Aktorenergie im Rahmen der erfindungsgemäßen Regelung vorzugsweise erhöht, um den tatsächlichen Einspritzbeginn zeitlich vorzuverlegen. Falls der tatsächliche Einspritzbeginn dagegen zeitlich vor dem Sollwert für den Einspritzbeginn liegt, so wird die Aktorenergie im Rahmen der erfindungsgemäßen Regelung vorzugsweise verringert, um den Einspritzbeginn zeitlich nach hinten zu verlegen.

Vorzugsweise erfolgt die Regelung gemeinsam für mehrere Aktoren, indem die Aktorenergie gemeinsam für mehrere Aktoren eingestellt wird. Beispielsweise kann die Aktorenergie für sämtliche Aktoren einer Brennkraftmaschine im Rahmen der erfindungsgemäßen Regelung gemeinsam eingestellt werden, um den gewünschten Einspritzbeginn zu erreichen. Es ist jedoch alternativ auch möglich, dass die Brennkraftmaschine mehrere

Zylinderbänke aufweist, wobei die Aktorenergie für die Aktoren einer Zylinderbank jeweils gemeinsam eingestellt wird.

Die gemeinsame Einstellung der Aktorenergie für mehrere Aktoren bietet den Vorteil, dass eine kostengünstige Endstufe (LC statt CC) eingesetzt werden kann.

10 Bei der gemeinsamen Einstellung der Aktorenergie für mehrere Aktoren können im Rahmen der Energieregulierung naturgemäß keine aktorspezifischen Abweichungen berücksichtigt werden. Bei einer Einstellung der Aktorenergie gemeinsam für mehrere Aktoren besteht das Regelungsziel deshalb vorzugsweise darin, die
15 mittlere Soll-Ist-Abweichung des Einspritzbeginns über die einzelnen Aktoren zu minimieren. Im Rahmen des erfindungsgemäßen Regelungsverfahrens wird deshalb vorzugsweise die mittlere Soll-Ist-Abweichung des Einspritzbeginns für die gemeinsam angesteuerten Injektoren ermittelt, wobei die Einstellung
20 der Aktorenergie in Abhängigkeit von der ermittelten Soll-Ist-Abweichung erfolgt.

Es ist jedoch im Rahmen der Erfindung auch möglich, dass die Regelung individuell für jeweils einen von mehreren Aktoren
25 erfolgt, wobei die Aktorenergie jeweils aktorspezifisch eingestellt wird. Eine derartige individuelle Einstellung der Aktorenergie bietet den Vorteil, dass auch aktorspezifische Abweichungen berücksichtigt werden können.

30 Bei der vorstehend beschriebenen gemeinsamen Einstellung der Aktorenergie für mehrere Aktoren können aktorspezifische Abweichungen dadurch berücksichtigt werden, dass zusätzlich zu der Energieregulierung auch der Triggerzeitpunkt des elektri-

schen Steuersignals für die Aktoren aktorindividuell eingestellt wird. Die erfindungsgemäße Regeleinrichtung weist deshalb vorzugsweise zwei Regelschleifen auf, wobei die eine Regelschleife die Aktorenergie kollektiv für mehrere Aktoren
5 einstellt, während die andere Regelschleife den Triggerzeitpunkt des elektrischen Steuersignals aktorindividuell einstellt. Beide Regelschleifen gehen hierbei vorzugsweise von der Soll-Ist-Abweichung des Einspritzbeginns aus.

10 Die Bestimmung des Ist-Wertes des Einspritzbeginns kann im Rahmen der Erfindung beispielsweise mittels eines Sitzkontaktschalters erfolgen, der die Düsenadelstellung des Injektors erfasst. Derartige Sitzkontaktschalter sind dem Fachmann bekannt und werden deshalb in der folgenden Beschreibung
15 nicht näher erläutert.

Ferner ist zu erwähnen, dass die Einstellung der Aktorenergie im Rahmen der erfindungsgemäßen Regelung zeitdiskret und/oder wertdiskret erfolgen kann. Bei einer zeitdiskreten Einstellung
20 lung der Aktorenergie erfolgt die Änderung der Aktorenergie vorzugsweise diskontinuierlich zwischen aufeinander folgenden Einspritzvorgängen, wobei die Aktorenergie jeweils nach einem oder mehreren Einspritzvorgängen neu eingestellt werden kann. Bei einer wertdiskreten Einstellung der Aktorenergie erfolgt
25 dagegen eine diskontinuierliche gestufte Einstellung der Aktorenergie, was beispielsweise bei Digitalreglern ohnehin üblich ist.

Andere vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den
30 Unteransprüchen gekennzeichnet oder werden nachstehend zusammen mit der Beschreibung der bevorzugten Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand der Figuren näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 ein regelungstechnisches Ersatzschaltbild einer erfindungsgemäßen Regelungseinrichtung für mehrere Piezoaktoren einer Einspritzanlage für eine Brennkraftmaschine sowie

5

Fig. 2 ein regelungstechnisches Ersatzschaltbild eines alternativen Ausführungsbeispiels.

Das regelungstechnische Ersatzschaltbild in Figur 1 verdeutlicht das erfindungsgemäße Regelungsverfahren für vier Piezoaktoren 1-4, die in jeweils einem Injektor einer Einspritzanlage die Bewegung der jeweiligen Ventilnadel steuern.

Die elektrische Ansteuerung der Piezoaktoren 1-4 erfolgt hierbei durch eine Treiberschaltung 5, die herkömmlich ausgebildet sein kann und deshalb hier nicht weiter beschrieben wird.

Den einzelnen Piezoaktoren 1-4 ist hierbei jeweils ein Sitzkontaktschalter 6-9 zugeordnet, wobei die einzelnen Sitzkontaktschalter 6-9 die Stellung der Ventilnadel der von den Piezoaktoren 1-4 angesteuerten Injektoren erfassen.

Ausgangsseitig sind die Sitzkontaktschalter 6-9 mit einer Auswertungseinheit 10 verbunden, die aus den Ausgangssignalen der Sitzkontaktschalter 6-9 den tatsächlichen Einspritzbeginn $SOI1_{IST}$, $SOI2_{IST}$, $SOI3_{IST}$, $SOI4_{IST}$ der einzelnen Injektoren ermittelt.

Eingangsseitig erhält die erfindungsgemäße Regelungseinrichtung einen Sollwert SOI_{SOLL} für den Einspritzbeginn, wobei der Sollwert SOI_{SOLL} beispielsweise durch ein mehrdimensionales Kennfeld ermittelt werden kann, das hier zur Vereinfachung nicht dargestellt ist und beispielsweise in der elektroni-

schen Motorsteuerung (ECU - Electronic Control Unit) realisiert sein kann. Als Eingangsgrößen für die Bestimmung des Sollwertes SOI_{SOLL} kann das mehrdimensionale Kennfeld beispielsweise Betriebsgrößen, wie die Drehzahl oder die mechanische Last, der Brennkraftmaschine berücksichtigen.

Der vorgegebene Sollwert SOI_{SOLL} wird zusammen mit den IST-Werten $SOI1_{IST}$, $SOI2_{IST}$, $SOI3_{IST}$, bzw. $SOI4_{IST}$ jeweils einem Subtrahierer 11, 12, 13, 14 zugeführt, wobei die Subtrahierer 11-14 jeweils eine Soll-Ist-Abweichung $\Delta SOI1$, $\Delta SOI2$, $\Delta SOI3$ bzw. $\Delta SOI4$ berechnen. Die Soll-Ist-Abweichungen $\Delta SOI1$, $\Delta SOI2$, $\Delta SOI3$ und $\Delta SOI4$ geben hierbei jeweils an, um welche Zeitspanne der tatsächliche Einspritzbeginn $SOI1_{IST}$, $SOI2_{IST}$, $SOI3_{IST}$ bzw. $SOI4_{IST}$ der von den Piezoaktoren 1-4 angesteuerten Injektoren von dem vorgegebenen Sollwert SOI_{SOLL} abweicht.

Die Soll-Ist-Abweichungen $\Delta SOI1$, $\Delta SOI2$, $\Delta SOI3$ und $\Delta SOI4$ der einzelnen Injektoren werden einer Recheneinheit 15 zugeführt, die einen Mittelwert ΔSOI der einzelnen Soll-Ist-Abweichungen $\Delta SOI1$, $\Delta SOI2$, $\Delta SOI3$ und $\Delta SOI4$ berechnet.

Dieser Mittelwert ΔSOI wird dann einem Energieregler 16 zugeführt, der in Abhängigkeit von dem Mittelwert ΔSOI einen Korrekturwert ΔE bestimmt, um den Mittelwert ΔSOI zu minimieren, wie noch beschrieben wird.

Ausgangsseitig ist der Energieregler 16 mit einem Addierer 17 verbunden, der als zusätzliche Eingangsgröße eingangsseitig einen vorgegebenen nominellen Wert $E_{NOMINELL}$ für die Aktorenergie erhält.

- Der Addierer 17 ist ausgangsseitig mit der Treiberschaltung 5 verbunden, die somit als Eingangsgröße die Summe aus der nominellen Aktorenergie E_{NOMINELL} und dem Korrekturwert ΔE erhält, woraufhin die Treiberschaltung 5 die Piezoaktoren 1-4 mit der korrigierten Aktorenergie E ansteuert. Der Energie-
regler 16 berechnet den Korrekturwert ΔE so, dass der Mittelwert ΔSOI der Soll-Ist-Abweichungen $\Delta SOI1$, $\Delta SOI2$, $\Delta SOI3$ und $\Delta SOI4$ minimal wird.
- 10 Hierbei ist zu erwähnen, dass die Aktorenergie E im Rahmen dieser Regelung für sämtliche Piezoaktoren 1-4 gemeinsam eingestellt wird, so dass die Treiberschaltung 5 aus einer kostengünstigen Endstufe (LC statt CC) bestehen kann.
- 15 Darüber hinaus sind die Subtrahierer 11-14 mit einem Triggerregler 18 verbunden, um die aktorspezifischen Abweichungen zwischen dem vorgegebenen Sollwert SOI_{SOLL} und den einzelnen Ist-Werten $SOI1_{\text{IST}}$, $SOI2_{\text{IST}}$, $SOI3_{\text{IST}}$ und $SOI4_{\text{IST}}$ auszuregeln. Der Triggerregler 18 berechnet deshalb in Abhängigkeit von den
20 aktorspezifischen Soll-Ist-Abweichungen $\Delta SOI1$, $\Delta SOI2$, $\Delta SOI3$ und $\Delta SOI4$ Korrekturwerte $\Delta t1$, $\Delta t2$, $\Delta t3$ und $\Delta t4$ für den Triggerzeitpunkt, zu dem die elektrische Ansteuerung der Piezoaktoren 1-4 beginnt.
- 25 Ausgangsseitig ist der Triggerregler 18 mit 4 Addierern 19-22 verbunden, die die Korrekturwerte $\Delta t1$, $\Delta t2$, $\Delta t3$, $\Delta t4$ zu einem vorgegebenen Triggerzeitpunkt t_{TRIGGER} addieren und entsprechende aktorspezifische Triggerzeitpunkte $t1^*_{\text{TRIGGER}}$, $t2^*_{\text{TRIGGER}}$, $t3^*_{\text{TRIGGER}}$ und $t4^*_{\text{TRIGGER}}$ berechnen und diese der Trei-
30 berschaltung 5 zuführen, welche die Piezoaktoren 1-4 entsprechend ansteuert. Die erfindungsgemäße Regeleinrichtung weist also eine zweite Regelschleife auf, in der die Triggerzeit-

punkte für die einzelnen Piezoaktoren 1-4 individuell eingestellt werden, wodurch aktorspezifische Abweichungen berücksichtigt werden.

- 5 Das in Figur 2 dargestellte alternative Ausführungsbeispiel stimmt weitgehend mit dem vorstehend beschriebenen und in Figur 1 gezeigten Ausführungsbeispiel überein, so dass zur Vermeidung von Wiederholungen weitgehend auf die vorstehende Beschreibung verwiesen wird und für entsprechende Bauteile im
10 Folgenden dieselben Bezugszeichen verwendet werden.

Eine Besonderheit dieses Ausführungsbeispiels besteht darin, dass die Energieregulung ebenfalls individuell für jeden der Piezoaktoren 1-4 erfolgt.

- 15 Entsprechend sind auch vier Energieregler 16.1-16.4 und entsprechend vier nachgeschaltete Addierer 17.1-17.4 vorgesehen, wobei die Addierer 17.1-17.4 die korrigierten Aktorenergien E1, E2, E3, E4 individuell für vier Treiberschaltungen 5.1-
20 5.4 bestimmen.

- Bei diesem Ausführungsbeispiel erfolgt also sowohl eine Einstellung des Triggerzeitpunkts als auch eine Einstellung der Aktorenergie individuell für jeden der Piezoaktoren 1-4, wo-
25 durch aktorspezifische Abweichungen noch besser berücksichtigt werden.

- Die Erfindung ist nicht auf die vorstehend beschriebenen bevorzugten Ausführungsbeispiele beschränkt. Vielmehr ist eine
30 Vielzahl von Varianten und Abwandlungen möglich, die ebenfalls von dem Erfindungsgedanken Gebrauch machen und deshalb in den Schutzbereich fallen.

Patentansprüche

1. Regelungsverfahren für einen Aktor (1-4) eines Injektors einer Einspritzanlage für eine Brennkraftmaschine, mit den
5 folgenden Schritten:

- Vorgabe eines Sollwerts (SOI_{SOLL}) für den Einspritzbeginn,
- Elektrische Ansteuerung des Aktors (1-4) zu einem bestimmten Triggerzeitpunkt ($t_{TRIGGER}$) mit einer bestimmten Aktorenergie (E),

10 g e k e n n z e i c h n e t d u r c h
folgende Schritte:

- Erfassung eines Istwerts ($SOI1_{IST}$, $SOI2_{IST}$, $SOI3_{IST}$, $SOI4_{IST}$) des Einspritzbeginns,
- Ermittlung einer Soll-Ist-Abweichung ($\Delta SOI1$, $\Delta SOI2$, $\Delta SOI3$,
15 $\Delta SOI4$) des Einspritzbeginns,
- Einstellung der Aktorenergie (E) in Abhängigkeit von der Soll-Ist-Abweichung ($\Delta SOI1$, $\Delta SOI2$, $\Delta SOI3$, $\Delta SOI4$) des Einspritzbeginns zur Regelung des Einspritzbeginns.

20 2. Regelungsverfahren nach Anspruch 1,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
dass die Regelung gemeinsam für mehrere Aktoren (1-4) erfolgt, indem die Aktorenergie (E) gemeinsam für mehrere Aktoren (1-4) eingestellt wird.

25 3. Regelungsverfahren nach Anspruch 2,
g e k e n n z e i c h n e t d u r c h
folgende Schritte:

- Erfassung des Istwerts ($SOI1_{IST}$, $SOI2_{IST}$, $SOI3_{IST}$, $SOI4_{IST}$)
30 des Einspritzbeginns individuell für die einzelnen Aktoren (1-4),

- Ermittlung der Soll-Ist-Abweichung ($\Delta SOI1$, $\Delta SOI2$, $\Delta SOI3$, $\Delta SOI4$) des Einspritzbeginns individuell für die einzelnen Aktoren (1-4),
 - Ermittlung der mittleren Soll-Ist-Abweichung (ΔSOI) des
5 Einspritzbeginns für mehrere Aktoren (1-4),
 - Einstellung der Aktorenergie (E) gemeinsam für mehrere Aktoren (1-4) entsprechend der mittleren Soll-Ist-Abweichung (ΔSOI) des Einspritzbeginns.
- 10 4. Regelungsverfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Regelung individuell für jeweils einen von mehreren Aktoren (1-4) erfolgt, wobei die Aktorenergie (E) jeweils aktorspezifisch eingestellt wird.
- 15 5. Regelungsverfahren nach Anspruch 4,
gekennzeichnet durch
folgende Schritte:
- Erfassung des Istwerts ($SOI1_{IST}$, $SOI2_{IST}$, $SOI3_{IST}$, $SOI4_{IST}$)
20 des Einspritzbeginns individuell für die einzelnen Aktoren (1-4),
 - Ermittlung der Soll-Ist-Abweichung ($\Delta SOI1$, $\Delta SOI2$, $\Delta SOI3$, $\Delta SOI4$) des Einspritzbeginns individuell für die einzelnen Aktoren (1-4),
 - 25 - Einstellung der Aktorenergie (E) individuell für die einzelnen Aktoren (1-4) in Abhängigkeit von der jeweiligen aktorspezifischen Soll-Ist-Abweichung ($\Delta SOI1$, $\Delta SOI2$, $\Delta SOI3$, $\Delta SOI4$) des Einspritzbeginns.
- 30 6. Regelungsverfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,

dass der Triggerzeitpunkt (t_{TRIGGER}) für die Ansteuerung der Aktoren (1-4) unabhängig von der Soll-Ist-Abweichung (ΔSOI1 , ΔSOI2 , ΔSOI3 , ΔSOI4) des Einspritzbeginns eingestellt wird.

5 7. Regelungsverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
dass im Rahmen der Regelung zusätzlich zu der Einstellung der
Aktorenergie (E) auch der Triggerzeitpunkt (t_{TRIGGER}) in Abhän-
gigkeit von der Soll-Ist-Abweichung (ΔSOI1 , ΔSOI2 , ΔSOI3 ,
10 ΔSOI4) des Einspritzbeginns eingestellt wird, um den Ein-
spritzbeginn zu regeln.

8. Regelungsverfahren nach Anspruch 7,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
15 dass die Aktorenergie (E) gemeinsam für mehrere Aktoren (1-4)
eingestellt wird, während der Triggerzeitpunkt individuell
für die einzelnen Aktoren (1-4) eingestellt wird.

9. Regelungsverfahren nach einem der vorhergehenden Ansprü-
20 che,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
dass der Istwert (SOI1_{IST} , SOI2_{IST} , SOI3_{IST} , SOI4_{IST}) des Ein-
spritzbeginns mittels eines Sitzkontaktschalters (6-9) er-
fasst wird, wobei der Sitzkontaktschalter (6-9) eine Düsenna-
25 delstellung des Injektors erfasst.

10. Regelungsverfahren nach einem der vorhergehenden Ansprü-
che,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
30 dass die Einstellung der Aktorenergie (E) im Rahmen der Rege-
lung zeitdiskret und/oder wertdiskret erfolgt.

11. Regelungseinrichtung für einen Aktors (1-4) eines Injektors für eine Einspritzanlage einer Brennkraftmaschine, mit
- einem Stellglied (5, 5.1-5.4) zur elektrischen Ansteuerung des Aktors (1-4) zu einem bestimmten Triggerzeitpunkt
- 5 (t_{TRIGGER}) mit einer bestimmten Aktorenergie(E),
g e k e n n z e i c h n e t d u r c h
- eine Messeinrichtung (6-10) zur Erfassung eines Istwerts (SOI1_{IST} , SOI2_{IST} , SOI3_{IST} , SOI4_{IST}) des Einspritzbeginns,
 - einen ersten Regler (16, 16.1-16.4) zur Einstellung der
- 10 Aktorenergie (E) in Abhängigkeit von einer Soll-Ist-
Abweichung (ΔSOI1 , ΔSOI2 , ΔSOI3 , ΔSOI4) zwischen dem gemessenen Istwert (SOI1_{IST} , SOI2_{IST} , SOI3_{IST} , SOI4_{IST}) des Einspritzbeginns und einem vorgegebenen Sollwert (SOI_{SOLL}) des Einspritzbeginns.
- 15
12. Regelungseinrichtung nach Anspruch 11
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass die Aktorenergie (E) im Rahmen der Regelung für mehrere Aktoren (1-4) gemeinsam einstellbar ist.
- 20
13. Regelungseinrichtung nach Anspruch 12,
g e k e n n z e i c h n e t d u r c h
eine Recheneinheit (15) zur Berechnung eines Mittelwerts (ΔSOI) der Soll-Ist-Abweichung (ΔSOI1 , ΔSOI2 , ΔSOI3 , ΔSOI4)
- 25 des Einspritzbeginns für mehrere Aktoren (1-4), wobei der erste Regler (16) die Aktorenergie (E) für mehrere Aktoren (1-4) entsprechend dem Mittelwert (ΔSOI) einstellt.
14. Regelungseinrichtung nach Anspruch 11,
30 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass die Aktorenergie (E) im Rahmen der Regelung für mehrere Aktoren (1-4) individuell einstellbar ist.

15. Regelungseinrichtung nach einem der Ansprüche 11 bis 14,
g e k e n n z e i c h n e t d u r c h
einen zweiten Regler (18) zur Einstellung des Triggerzeit-
punkts (t_{TRIGGER}) für die Ansteuerung des Aktors (1-4) in Ab-
5 hängigkeit von der Soll-Ist-Abweichung (ΔSOI1 , ΔSOI2 , ΔSOI3 ,
 ΔSOI4) zwischen dem gemessenen Istwert (SOI1_{IST} , SOI2_{IST} ,
 SOI3_{IST} , SOI4_{IST}) des Einspritzbeginns und dem vorgegebenen
Sollwert (SOI_{SOLL}) des Einspritzbeginns.

10 16. Regelungseinrichtung nach einem der Ansprüche 11 bis 15,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
dass die Messeinrichtung (6-10) einen Sitzkontaktschalter 6-
9) aufweist, der eine Düsenadelstellung des Injektors er-
fasst.

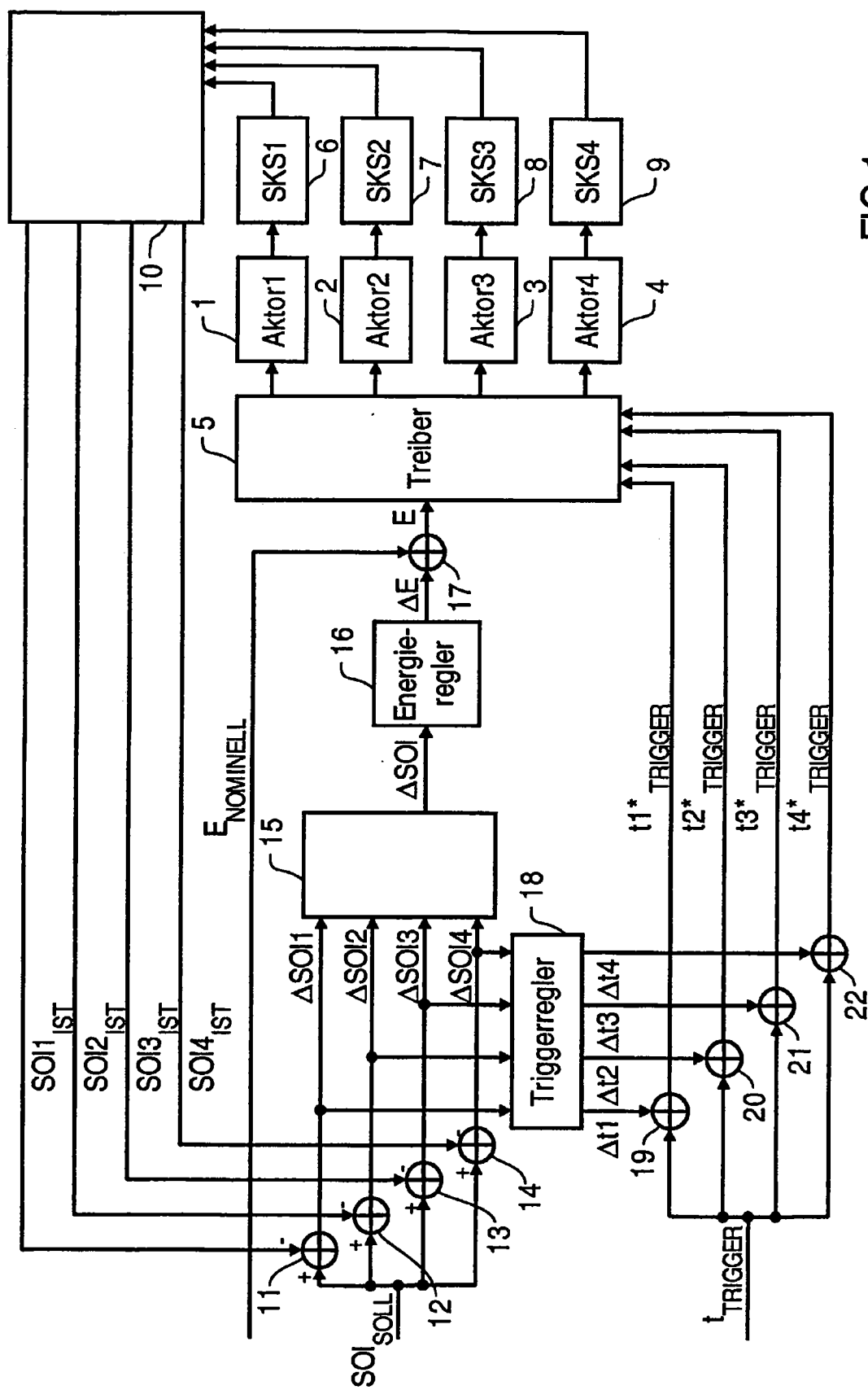


FIG 1

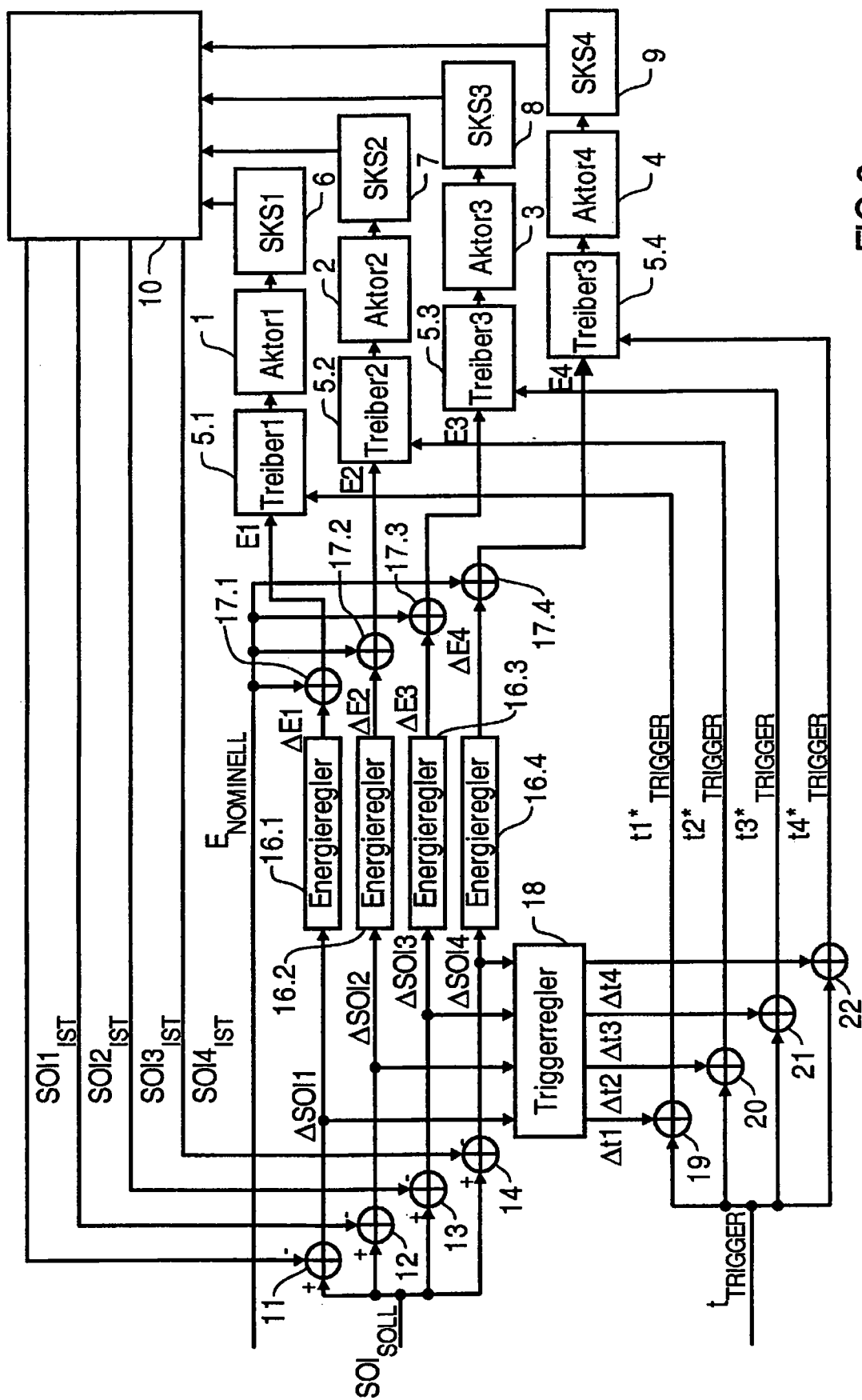


FIG 2